

# ESTRATEGIAS DE APRENDIZAJE EN FÍSICA DE PARTÍCULAS: UNA EXPLORACIÓN A LA CONSTRUCCIÓN DE CREENCIAS EPISTEMOLÓGICAS EN LA EDUCACIÓN MEDIA

## LEARNING STRATEGIES IN PARTICLE PHYSICS: AN EXPLORATION OF THE CONSTRUCTION OF EPISTEMOLOGICAL BELIEFS IN SECONDARY EDUCATION.

Daniela Ámbar Gayoso Miranda\*

### RESUMEN

El presente artículo tiene por objetivo explorar las experiencias vividas en dos programas de divulgación científica en física de partículas y el modo en que estas estrategias son capaces construir nuevas creencias epistemológicas en el contexto de la educación media. Para esto realizo una autoetnografía basada en mis participaciones en los programas de International Masterclasses - hands on particle physics y los workshops sobre física de partículas y arte de la universidad de Birmingham. Estos relatos visibilizan cambios de creencias epistemológicas asociadas a contextos culturales, estereotipos sobre científicos, formas de enseñar y aprender como docente. Finalmente, tras un proceso reflexivo, este trabajo propone la importancia de la actualización y adecuación constante del proceso de aprendizaje dentro del ambiente científico

**Palabras clave:** Autoetnografía, Aprendizaje en física, Creencias epistemológicas

### ABSTRACT

This paper aims to explore the experience lived in two particle physics' outreach program and the mode that these strategies are able to construct new epistemological beliefs within the high-school environment. To reach this goal I develop an autoethnography based on my participation in the programs of International Masterclasses – hands on particle physics, and the University of Birmingham's workshops about art and particle physics. These narratives show the epistemological beliefs' changes related to the cultural environment, the bias about Scientifics, the ways of learning and teaching as a lecturer. Finally, after a thoughtful process, this work proposes the relevance of the constant update and adaptation of the learning process within the scientific environment.

**Keywords:** Autoethnography, Physics learning, Epistemological beliefs

---

\* Universidad Católica del Maule, Centro de Apoyo al Aprendizaje, Talca, Chile,  
[d.gayoso.miranda@gmail.com](mailto:d.gayoso.miranda@gmail.com). <https://orcid.org/0000-0003-2053-2429>

## Introducción

Durante las últimas décadas el campo de estudio de física de partículas ha despertado un gran interés en el público general. Esto principalmente por la construcción del *Large Hadron Collider* (LHC) en CERN y el descubrimiento del bosón de Higgs en 2012 en los detectores ATLAS y CMS del LHC. Este descubrimiento tuvo un gran impacto mediático al nombrarla “la partícula de Dios” debido a su comportamiento de brindar masa a las partículas que interactúan en el campo de Higgs. No obstante, su mayor relevancia, y quizás menos explorada en los medios, radica en que el descubrimiento de esta partícula, propuesta teóricamente por Peter Higgs en 1964, fue la confirmación del modelo estándar como una explicación válida del universo, siendo capaz de unificar el electromagnetismo, interacción nuclear fuerte e interacción nuclear débil. Además, vale decir que el impacto mediático de la física no se ha reducido a este evento, ya que se han publicado otras investigaciones relacionadas a muones, neutrinos, materia oscura, energía oscura y rayos cósmicos para entender mejor nuestro universo. Todos temas que aún están en desarrollo, y que confirman un mayor interés de las comunidades para alcanzar una mejor comprensión de sus comportamientos y las complejidades de su investigación.

Es así como este creciente interés ha tenido un impacto en nuestra labor como profesoras y profesores, recibiendo en nuestras clases constantemente preguntas acerca de física de partículas y astronomía. No obstante, este interés muchas veces no logra ingresar en las clases formales de física. Principalmente por el programa curricular que se centra en la revisión de problemas matemáticos repetitivos, ausencia de análisis de problemas científicos actuales y por el poco tiempo de horas lectivas<sup>1</sup>. Lo cual no solo impide que las y los estudiantes tengan acceso a responder dudas o a resultados de investigaciones actuales, sino también a conocer el modo en que las y los científicos experimentan la ciencia hoy en día. De esta forma, es que las creencias epistemológicas que las y los estudiantes tienen del mundo científico muchas veces están reducidas a paradigmas antiguos, particularmente clásicos, en el que la ciencia se presenta como una mera transmisión de conocimientos.

A pesar de esto, la divulgación científica ha tomado un protagonismo muy importante para alcanzar a responder preguntas e introducir al público general a los laboratorios científicos. Por un lado, en los últimos años se han publicado muchos libros de divulgación científica en nuestro país y que han sido éxito de ventas en las librerías nacionales. Algunos ejemplos son “Somos polvo de estrellas” de José Maza, “Hijos de las estrellas” de María Teresa Ruiz y la “La ciencia pop” de Gabriel León. Asimismo, en YouTube se encuentran canales dedicados a las ciencias, algunos de ellos en español son Charly Labs, AstroVlog, Date un voltio y Star Tres. O, en inglés, encontramos a Physics Girl, Veritasium, MinutePhysics, Kurzgesagt – in a Nutshell, PBS Space Time, etc. La lista de libros y canales, en realidad, podría resultar interminable considerando a universidades e instituciones educacionales que se han unido en la difusión de investigaciones. Por otro lado, universidades y organizaciones científicas a lo

---

<sup>1</sup> Se recomienda revisar a Pozo y Gómez (1998) sobre escaso significado de resultado e interés de resolución de problemas repetitivos y Hernández et al. (2011) sobre interés de los estudiantes en la ciencia y desmotivación a ella al encontrarse con las actividades que se realizan en los colegios. Por último, revisar <https://www.curriculumnacional.cl/portal/Educacion-General/Ciencias-naturales/> para ver bases curriculares actuales y el tiempo dedicadas a ellas en física

largo del mundo han creado jornadas y talleres para divulgar investigaciones actuales<sup>2</sup>. Las cuales justamente son parte de las actividades obligatorias de divulgación que tienen las y los científicos como parte de sus proyectos. Tomando en consideración estos antecedentes, valdría preguntarse ¿qué aprendizajes construyen las y los participantes de estas actividades de divulgación científica? Y ¿cómo estos aprendizajes construyen nuevas creencias epistemológicas sobre física?

Como respuesta a lo anterior, en el presente artículo propongo explorar estrategias de aprendizaje en física de partículas que sean capaces de construir nuevas creencias epistemológicas en el contexto de la educación media. Para ello se considerará el aprendizaje basado en actividades de divulgación donde participan estudiantes, docentes y la comunidad científica, describiendo y analizando mi experiencia como docente y colaboradora en los programas de *International Masterclasses - hands on particle physics* creadas por *The International Particle Physics Outreach Group* (IPPOG) y los workshops de divulgación científica sobre física de partículas y artes organizadas por la Universidad de Birmingham. Esta descripción, considerando los desafíos que plantea el objeto de estudio, se realizará en base a una metodología autoetnográfica. Esto con la intención de acentuar los procesos de diálogos que se generan como investigadora chilena dentro de un conjunto de experiencias internacionales de divulgación científica. Para esto es importante advertir que este artículo no pretende generalizar una perspectiva ni establecer un modelo objetivo de análisis para las investigaciones sobre este tipo de programas; sino más bien proponer un marco teórico y metodológico me permita valorizar la experiencia subjetiva como un agente válido en el proceso dialógico de construcción del conocimiento. De esta manera, nos embarcaremos en una investigación cualitativa, en donde “No se trata, pues, de acceder a la verdad del objeto sino más bien entrar en una disposición de diálogo y crear en dicho diálogo una verdad, verdad necesariamente histórica y perecedera” (Sisto, 2008, p. 121). Finalmente, se analizará el modo en que estas actividades son capaces de problematizar y construir creencias epistemológicas, y, a su vez, valorar su posible impacto en el medio educacional chileno.

## Marco teórico

El concepto de creencias epistemológicas se definirá como “Convicciones que los individuos tienen sobre el conocimiento y su adquisición, esto es, sobre la organización y las fuentes de conocimientos, su credibilidad (valor de verdad)” (Hofer y Pintrich 1997, citado en Limón et al., 2004). Por lo que, dentro de los tipos de creencias epistemológicas, podemos encontrar no solo una epistemología creada de forma personal, sino que también, como constructos que se generan en conjunto con la sociedad; por el hecho de compartir una misma historia y cultura.

Es con respecto a esta definición que es relevante estudiar las creencias epistemológicas en ciencias, ya que puede ser una herramienta para comprender no solo cómo se enseña actualmente, sino también cómo se construyen conocimientos nuevos en ciencias; llegando

---

<sup>2</sup> Algunas actividades diferentes a las que se presentan en este artículo son Congreso Futuro, DivulgaCon organizado por el MIM, charlas y talleres de astronomía en Planetario USACH y actividades de exploración <https://www.explora.cl/para-comunidad-escolar/>. Para actividades internacionales <http://ippog.org/>, <http://galileoteachers.org/>, <https://www.iau.org/public/oaof/>, <https://www.schoolobservatory.org/>, <https://perimeterinstitute.ca/einsteinplus>, <https://teacher-programmes.web.cern.ch/home>

a entender el modo en que una población articula un sentido de ciencia. Además, es significativo analizar e investigar los tipos de creencias epistemológicas que se van construyendo en las particularidades chilenas, tomando en consideración sus características culturales y económicas; para luego poder proponer un modelo de enseñanza coherente a la visión de la realidad de las personas y la formación de conocimientos en ciencias.

Es importante mencionar que la mayoría de las investigaciones de creencias epistemológicas se basan en metodologías cuantitativas sobre profesores en contexto de educación formal y que contrastan la visión positivista con la constructivista de enseñanza<sup>3</sup>. Sin embargo, aquí rescatamos la perspectiva subjetiva con el fin de abrir nuevos caminos y enfatizar en el proceso de diálogo que se producen entre diferentes creencias epistemológicas.

### **Marco metodológico**

En este artículo propongo un trabajo basado en la investigación cualitativa, la cual rescata las experiencias de las personas y el modo en que ellas se relacionan con el mundo. En otras palabras, se define la investigación cualitativa como “una actividad situada que localiza al observador en el mundo. Consiste en un set de prácticas materiales interpretativas que hacen al mundo visible. Estas prácticas transforman el mundo” (Denzin y Lincoln, 2003, citado en Sisto, 2008, p. 120)

En este sentido, es que este estudio utiliza la metodología de autoetnografía que según Ellis “es uno de los enfoques que reconoce y da lugar a la subjetividad, la emocionalidad y la influencia del investigador en su trabajo, en lugar de ocultar estas cuestiones o pretender que no existen.” (Ellis et al., 2015, p. 252). De esta manera, es que en los siguientes apartados presentaré la narración de manera auto-etnográfica de las experiencias en los programas ya mencionados, con la finalidad de reconfigurarlas y analizarlas de forma crítica.

Es importante explicitar que la autoetnografía “explora el uso de la primera persona al escribir, la apropiación de modos literarios con fines utilitarios y las complicaciones de estar ubicado dentro de lo que uno está estudiando” (Gaitán 2000, citado en Blanco, 2012, p. 55). Es por esta razón que tomo la decisión de escribir este artículo en primera persona y así crear un dialogo con el lector a través de mis experiencias docentes.

Finalmente, es relevante mencionar que este tipo de metodologías nacen para “reconocer que las personas tienen diferentes supuestos sobre el mundo –una infinidad de maneras de hablar, escribir, valorar y creer– y que las formas convencionales de hacer y pensar la investigación eran estrechas, limitantes, acotadas.” (Ellis et al., 2015, p. 252). Es así como esta se evidencia como una metodología acorde al análisis de creencias epistemológicas, ya que justamente logra rescatarlas desde su narración. Asimismo, el uso de este tipo de metodología pretende ser un aporte para la investigación de creencias epistemológicas, ya que como mencione anteriormente, estas tienden a ser estudiadas en base a métodos cuantitativos, como por ejemplo cuestionarios de tipo Likert<sup>4</sup>. Este tipo de metodologías buscan ser objetivas y generalizar resultados, lo cual es muy interesante para un grupo grande de personas, pero,

---

<sup>3</sup> Para profundizar se pueden revisar las investigaciones de tipo cuantitativo de Rodríguez, D., & López, A. (2006), Fernández et al. (2011) y Vasques Brandão et al. (2011).

<sup>4</sup> Ver nota 3

lamentablemente, tienden a restringir otras variables. Por ejemplo, sobre investigaciones de docentes y sus creencias epistemológicas, se plantean conclusiones en relación con si es coherente o no la visión del docente con respecto a su forma de enseñar (Constructivista vs conductismo); perdiendo la perspectiva sobre otros tipos de pensamiento, construcciones de conocimiento y las prácticas de cómo se enseña ciencias.

#### *International Masterclasses - hands on particle physics*

En el año 2014, mientras trabajaba como profesora de física y astronomía en un colegio de Santiago de Chile, se presentó la oportunidad de participar en las primeras *International Masterclasses - hands on particle physics* en la Pontificia Universidad Católica de Chile (PUC). En realidad, durante mi pregrado no tuve muchas instancias de profundizar en el tema, por lo que me llamó mucho la atención asistir, para así comprender mejor fenómenos de astronomía. En ese entonces la idea no era solamente hacer una sesión de *masterclass* con estudiantes, si no que realizar con anticipación una jornada con las y los profesores que querían participar. Recuerdo que por primera vez escuché que la estrategia de realizar jornadas con profesores tenía una especial relevancia en términos de difusión, ya que un estudiante tal vez pueda comunicar a su familia o amigos lo que aprendió en una actividad, pero un profesor tiene un alcance que podría llegar a cientos, o incluso a miles de estudiantes y sus respectivas familias.

En general, mi proceso de descubrimiento de las jornadas no se dio de una sola vez, sino más bien dentro de mi participación como profesora y organizadora durante varias jornadas. Es así como comprendí que las jornadas de *International Masterclasses* consisten en brindarles a las y los estudiantes la oportunidad de ser un físico por un día. Lo cual a mí también como docente me ayudó porque es una realidad que veía muy alejada a las escuelas.

Las actividades se basaban en las investigaciones que estaban realizando las y los científicos asociados a las universidades que participaban. En el caso de la PUC los físicos Benjamin Koch, Marco Aurelio Díaz, Edson Carquin y Pedro Ochoa estaban en ese tiempo asociados al detector ATLAS del LHC, por lo que las *masterclasses* en Chile se especializaron en el análisis de datos reales y funcionamiento de este detector. De esta manera, es que los físicos realizaron charlas básicas sobre física de partículas, funcionamiento del detector, tour por laboratorios de la universidad, experimentos sencillos para comprender la teoría revisada, análisis de datos reales en base a un software llamado Hypatia y, finalmente, exposición de resultados en videoconferencia con colegios de otros países del mundo.

Toda esta experiencia se repetía para docentes y luego para estudiantes. Esto fue fundamental para mi aprendizaje, ya que esta área me resultaba nueva; sobre todo en lo que refiere a investigaciones actuales y al uso de datos. En ese entonces lo que cautivo mi interés fue lograr comprender y visualizar que el descubrimiento de partículas masivas realmente se realiza con un método indirecto y que es muy diferente a los experimentos tradicionales. Es decir, se observa, mide y calcula las propiedades del decaimiento de partículas más pequeñas que nacen de la inestabilidad de la partícula masiva y luego se reconstruyen sus propiedades.

Es así como me sorprendió el alcance internacional de este programa. Lo que parecía un evento de dos días, en realidad correspondía a una extensa red coordinada por la organización

*Quarknet* de Estados Unidos, en colaboración con IPPOG<sup>5</sup>. En particular, las actividades en Chile se enmarcan en el programa *Masterclass Institutes Collaborating in the Americas* (MICA) liderada por Kenneth Cecire de *Quarknet*. En ella seleccionaba un físico de la Universidad de Notre Dame para viajar a Chile en conjunto a Kenneth y así implementar actividades, que me resultaban innovadoras, en cada versión de las *masterclasses*. Desde el 2014 al 2020 se realizaron sesiones de programación de C++ para analizar datos reales de eventos de partículas, investigación con detector de rayos cósmicos, investigación de la anomalía geomagnética del hemisferio sur y múltiples *masterclasses* basadas en los detectores Atlas y CMS del LHC.

A nivel internacional han participado aproximadamente 10.000 estudiantes y profesores de 60 países del mundo en colaboración con 220 instituciones educacionales (Bilow & Cecire, 2021). En la actualidad dentro de este programa se imparten *masterclass* sobre ATLAS, CMS, ALICE, LHCb, MINERvA, BELLE II, DarkSide sobre materia oscura y *Particle Therapy Masterclass*. Todas con actividades diversas que me ayudaron a entender e involucrarme en experimentos reales de física de partículas. Al comprender toda esta red que hay con respecto a las *masterclasses*, debo decir que me dio temor ser parte, ya que sentía que solo era profesora de educación media que poco tenía que aportar en el ámbito de la física de partículas; y con inglés demasiado básico. Sin embargo, cada vez que realizaba nuevas actividades dentro de esta red internacional, me daba cuenta de que justamente mi visión de docente latinoamericana brindaba aportes para que el programa tuviera mayor alcance en lugares vecinos y con esto realizar adecuaciones pertinentes a los establecimientos educacionales.

En Chile, como he mencionado, pude participar como colaboradora del programa, actuando como un puente entre los colegios y las universidades que participaban. Llegando a observar *masterclass* realizadas en las instalaciones de *Quarknet*, Estados Unidos en 2014 y en la Universidad de Birmingham, Inglaterra en 2019. De esta forma, lo primero que percaté es que las *masterclasses* tienen la misma estructura sin importar el país, por lo que destaco la actualización de los conocimientos que se abordan y los recorridos de laboratorios en diferentes instituciones. Lo segundo, es que se siguen observando una mayor participación de físicos, profesores y estudiantes de género masculino, sin embargo, en febrero de cada año se realiza un programa solo para mujeres llamado “*Girls do Physics*” para incentivar su participación en Física (Chile no ha podido participar al ser en temporada de vacaciones). Finalmente, la última actividad de la jornada es una videoconferencia con distintos colegios del mundo, en la cual se invita a las y los estudiantes a ser parte de una experiencia colaborativa, donde se recopilan los datos en histogramas y se discute sobre su análisis.

La idea es justamente que las y los estudiantes se sientan involucradas e involucrados dentro de una investigación en física de partículas, lo cual tiene como característica unir gran cantidad de investigaciones o autores, un ejemplo de esto es que en el artículo de descubrimiento del bosón de Higgs se encuentran más de 5.000 autores<sup>6</sup>. Esta actividad es muy importante y funciona muy bien en instituciones que utilizan el idioma inglés, como es

<sup>5</sup> Para más información e inscripción, consultar las páginas web de Quarknet y IPPOG: <https://quarknet.org/>, <http://ippog.org/>, <https://physicsmasterclasses.org/>

<sup>6</sup> Se puede consultar de forma directa en el artículo científico (Aad et al., 2012).

el caso de lo que observé en Estados Unidos e Inglaterra. El problema aparece en casos como el de Chile, ya que esta actividad pareciera no lograr su objetivo completamente; ya que se visibilizan brechas idiomáticas y socioculturales entre colegios bilingües y colegios públicos. De todas formas, en los últimos años se han inscrito las *masterclasses* para participar solo con colegios que hablan español.

Asimismo, mis estudiantes de colegio desde el 2014 al 2018 también pudieron participar de las actividades organizadas por la PUC y *Quarknet*, lo cual no solo les permitió aprender sobre Física de partículas, si no que pudieron enfrentarse al quehacer científico y romper con estereotipos asociados a los físicos. Con respecto a esto, recuerdo que, al finalizar la jornada mientras caminábamos hacia el metro de Santiago, se generaban conversaciones directamente ligadas a comparar a las y los científicos que habían conocido en el día con los protagonistas de la serie televisiva “*The big bang theory*”; logrando identificar que los físicos tenían una vida fuera de su trabajo y que esta podía ser muy distinta a lo que se observa en la televisión. En mi caso, pude tener largas conversaciones con los físicos, la cuales permitieron que pudiera observar sus intereses, formas de vida y caminos que tomaron para convertirse en lo que son hoy en día.

Asimismo, resulta importante recalcar que estas *masterclasses* tienen la fortaleza de que construyen vínculos entre las universidades y los establecimientos educacionales. De esta forma, es que *Quarknet* dejó un detector de rayos cósmicos en la PUC para realizar investigaciones con estudiantes y sus profesores de colegio. En mi caso desde diciembre del 2016 estuve aprendiendo del detector, principalmente realizando calibraciones y experimentos de detección de rayos cósmicos en base a cambio de ubicación y altura. Esto con el objetivo de poder usarlo en los electivos de física de los colegios que trabajaba, pero lamentablemente la coordinación entre colegio y estudiantes no permitieron seguir avanzando en esta colaboración. Es importante decir que los electivos que realizaba eran para 3° y 4° medio, por lo que la mayoría estaba muy preocupada en dedicar tiempo para preparar la prueba de admisión a las universidades, en ese tiempo llamada prueba de selección universitaria (PSU). Sin embargo, en estos cursos igualmente pude agregar temáticas de física de partículas y realizar actividades propuestas por *Quarknet*; lo cual hizo que los estudiantes, al haber asistido a las *masterclasses*, pudiesen aprovecharlas mucho más y hacer más preguntas.

Finalmente, en el 2018 realizamos un programa donde se ejecutaban las *masterclasses* en distintas instituciones educacionales del sur de Chile y Argentina. Mientras que de forma paralela se tomaban datos de rayos cósmicos para investigar la anomalía geomagnética del hemisferio sur<sup>7</sup>. Recuerdo que las y los estudiantes tenían un gran interés en conocer sobre el detector, ya que durante las *masterclasses* estaba todo el día tomando datos. Algo que me complicó dentro de estas actividades es que a veces teníamos 40 estudiantes en sala, ya que solo viajamos con dos detectores, por lo que era difícil que todas y todos tuvieran acceso a poder observarlo en detalle. Al igual que el uso de los computadores. Lo ideal es que trabajen en duplas, para poder discutir posibles resultados y manipular el software, pero al ser muchos,

---

<sup>7</sup> Más información de este programa en (Cecire et al., 2021). Más los siguientes videos:

[https://www.youtube.com/watch?v=GCBKALgCaa4&ab\\_channel=astrovlog](https://www.youtube.com/watch?v=GCBKALgCaa4&ab_channel=astrovlog),

[https://www.youtube.com/watch?v=NSBoss1oJll&ab\\_channel=astrovlog](https://www.youtube.com/watch?v=NSBoss1oJll&ab_channel=astrovlog)

algunos no tenían la oportunidad de profundizar en las actividades. A pesar de que estoy acostumbrada a trabajar con muchos estudiantes en sala por el sistema educacional chileno, las y los docentes sabemos que no es el mejor ambiente para trabajar sobre todo en actividades prácticas.

#### *Física de partículas y Arte – Universidad de Birmingham*

Durante los años 2018 y 2019 estuve viviendo en Inglaterra y gracias a mi participación en *Masterclasses - hands on particle physics* pude hacer contacto con físicos de la Universidad de Birmingham. Kenneth Cecire me presentó a dos físicos que habían participado de las *masterclasses* Peter M. Watkins y Goronwy Tudor Jones, los cuales no solo me mostraron todas las instalaciones de Física de la universidad, si no que tuvimos largas conversaciones sobre sus áreas de especialidad. Con Peter con bosones W y Z; y con Goronwy con las cámaras de burbujas. Ellos al estar jubilados, me contactaron con la encargada de divulgación Maria Pavlidou y así pude participar de múltiples actividades. Dentro de las cuales quiero destacar dos workshops que lideraba el físico Konstantinos Nikolopoulos: “*Dance and Particle Physics*” y “*Fine Arts and Particle Physics*” (Nikolopoulos & Pardalaki, 2020). Ambos se realizan desde el 2018 con diferentes colegios de la región, donde el primero utiliza el movimiento corporal para aprender física de partículas, mientras que el segundo utiliza técnicas de arte visuales para conocer las partículas fundamentales y sus técnicas de detección.

El workshop *Fine Arts and Particle Physics*, como mencioné anteriormente, lo realizó el físico Konstantinos Nikolopoulos y el artista Ian Andrews, quienes trabajan en forma colaborativa en el proyecto de creación y exhibición de arte: “*The Sketchbook and the collider*”<sup>8</sup>. Aquí las y los estudiantes visitan la universidad para tener las charlas del físico sobre partículas fundamentales y sus detectores, realizan actividades con uso de técnicas de artes visuales para crear dibujos, esculturas y videos, y finalmente producir una exhibición de lo realizado en el día. Una de las actividades que más llamó mi atención fue la de pintar todo un papel de negro con el carbón y luego dibujar con un borrador. Es decir, representando la trayectoria de las partículas en el papel y así hacer visible la detección de ellas. De esta manera, Nikolopoulos y Andrews (2018) expresaron que la unión entre la física de partículas y las bellas artes es hacer visible lo invisible. Por un lado, la física a través de la detección hace visibles las partículas y, por el otro lado, el arte a través de sus técnicas expresa el pensamiento y emociones del artista. En términos culturales y de idiomas para mí fue complejo interpretar si los estudiantes se involucraban de lleno en estos workshops, pero sí se observaba una gran motivación al momento de exhibir sus trabajos. Esta última instancia permitía a los estudiantes compartir experiencias y formas de pensamiento al momento de trabajar en las actividades, incluyendo explicaciones complejas de detección de partículas. Desde mi perspectiva, al ir realizando esta actividad junto con los estudiantes, pude comprender que las sensaciones de dibujar, borrar y manipular materiales me ayudaban a plasmar una representación de lo aprendido en física. Algo que es muy complejo porque tiendo a utilizar las matemáticas como lenguaje de la física, pero, al salir de lo habitual, estas permiten construir una imagen clara del fenómeno a analizar.

---

<sup>8</sup> Para mayor información visitar: <https://www.thesketchbookandthecollider.com/>

El workshop *Dance and Particle Physics* lo realiza el físico Konstantinos Nikolopoulos y la bailarina contemporánea Mairi Pardalaki, quienes visitaban directamente los colegios para realizar las actividades. Aquí las y los estudiantes tenían charlas de partículas fundamentales, modelo estándar y el impacto de ellas para entender nuestro universo. Luego tienen actividades, donde crean una coreografía en base a cada partícula. Al principio trabajan de forma guiada por la bailarina, pero después en grupos van creando nuevos movimientos para identificar las propiedades que tiene cada partícula fundamental. Lo interesante de este workshop es que la unión entre la danza y la física de partículas está en el aprendizaje en base a la corporalidad<sup>9</sup>. Ya que, al final del día, las y los estudiantes parecían relacionar las propiedades de las partículas fundamentales con la creación y memorización de coreografías. Algo a mencionar, es que las estudiantes inscritas en su mayoría eran mujeres y que les gustaba bailar, por lo que no necesariamente les interesaba la física, pero este pensamiento cambiaba, ya que al utilizar el baile podrían aprender y encontrar interesante las propiedades de las partículas.

## Conclusiones

En el 2014 solo llevaba ejerciendo dos años como profesora, por lo que comenzar participando en las *Masterclasses - hands on particle physics*, fue una gran oportunidad para cambiar algunas creencias epistemológicas que fui construyendo durante mi pregrado. Lo primero es el estereotipo creado sobre los científicos: personas que solo se dedican a investigar aislados del mundo. Idea que claramente ya no se condice con la realidad, ya que son personas comunes con familias, amigos y otros intereses. Sobre esto quisiera mencionar que el CERN actualmente busca que las y los científicos sean lo más diversos posible, ya que es en este contacto humano donde se concentran diferentes tipos de pensamientos; llevando a realizar descubrimientos en ciencia. Lo segundo es que, lejos de cualquier hermetismo de la comunidad científica, una persona como yo, profesora de física, puede ser parte de esta red internacional, realizando aportes relevantes desde el territorio latinoamericano y los establecimientos educacionales. Como último punto, y más importante, es que estas actividades me han permitido estar activa, continuar aprendiendo y actualizar los conocimientos de física que enseño. Al final nuestro mundo está en constante cambio y el poder adaptarse, no desde lo superficial, sino que desde elementos estructurales como las creencias epistemológicas, resulta fundamental para no solo enseñar conocimientos, sino que para desarrollar formas de pensar acordes a la adaptabilidad y el dialogo con el mundo.

Con respecto a esto, los workshops de la Universidad de Birmingham se basan en utilizar recursos interdisciplinarios para aprender física de partículas al integrar un conjunto de técnicas de las artes visuales y la danza. Desde mi perspectiva, este tipo de actividades permiten atraer estudiantes que no son cercanos a la ciencia, al justamente interiorizarse en ella de una manera experiencial y desde su disciplina artística favorita. Además, el hecho de que no sean clases expositivas fomenta la participación constante de los estudiantes, ya que ellos son los protagonistas de ir construyendo su propio aprendizaje. Personalmente, creo que estas actividades permiten conectar los sentidos con áreas que tienden ser teóricas-matemáticas. El hecho de poder expresar lo que vas aprendiendo, permite que uno pueda formar un mapa personal de su aprendizaje. Esto es un gran cambio de creencias

---

<sup>9</sup> Para más información revisar (Nikolopoulos & Pardalaki, 2020).

epistemológicas, ya que en mi formación de física no teníamos oportunidades de expresar nuestros pensamientos o sentimientos en algo concreto. La ciencia es más bien objetiva e impersonal. No obstante, programas como los descritos, resultan un aporte para poder expandir las formas de enseñar y aprender física. Sobre todo, en nuestro contexto educacional chileno, donde se sigue evaluando por medio de resolución de problemas repetitivos y no por el mapa que las y los estudiantes van construyendo en base a las ciencias.

Considerando la relevancia que posee el estudio y análisis de nuevas estrategias para el aprendizaje en física, este presente trabajo propone que es en la diversidad de estrategias - donde predomina el análisis de problemas científicos frente al conocimiento repetitivo - se construyen creencias epistemológicas ligadas a las habilidades del siglo XXI, pensamiento científico y la actualización del quehacer en ciencia. Ya sea en la experiencia del contexto actual de la física de partículas, como en la acción el utilizar el cuerpo como gesto artístico, es posible comprender la ciencia como un acto creativo y colaborativo que está en una necesidad constante por desarrollar formas de pensamiento multidisciplinario.

## Bibliografía

- Aad, G., Abajyan, T., Abbott, B., Abdallah, J., Abdel Khalek, S., Abdelalim, A. A., Abdinov, O., Aben, R., Abi, B., Abolins, M., AbouZeid, O. S., Abramowicz, H., Abreu, H., Acharya, B. S., Adamczyk, L., Adams, D. L., Addy, T. N., Adelman, J., Adomeit, S., ... Zwahlen, L. (2012). Observation of a new particle in the search for the Standard Model Higgs boson with the ATLAS detector at the LHC. *Physics Letters B*, 716(1), 1-29. <https://doi.org/10.1016/j.physletb.2012.08.020>
- Andrews, I., & Nikolopoulos, K. (2018). Introducing particle physics concepts through visual art. *Physics Education*, 53(5), 054001. <https://doi.org/10.1088/1361-6552/aad276>
- Bilow, U., & Cecire, K. (2021). Current Status of International Particle Physics Masterclasses. *PoS, ICHEP2020*, 937. <https://doi.org/10.22323/1.390.0937>
- Blanco, M. (2012). Autoetnografía: Una forma narrativa de generación de conocimientos. *Andamios*, 9(19), 49-74.
- Cecire, K., Carrillo, S., Chorny, J., Gayoso, D., Gonzalez, R., Haacke, M., Olivares, S., & Wegner, J. (2021). Outreach, Investigation, Muons, and the South Atlantic Anomaly. *Proceedings of 36th International Cosmic Ray Conference — PoS(ICRC2019)*, 358, 043. <https://doi.org/10.22323/1.358.0043>
- Ellis, C., Adams, T., & Bochner, A. (2015). Autoetnografía: Un panorama. *Astrolabio Nueva Época: Revista digital del Centro de Investigaciones y Estudios sobre Cultura y Sociedad*, 14, 249-273.
- Fernández Nistal, M. T., Pérez Ibarra, R. E., Peña Boone, S. H., & Mercado Ibarra, S. M. (2011). Concepciones sobre la enseñanza del profesorado y sus actuaciones en clases de ciencias naturales de educación secundaria. *Revista mexicana de investigación educativa*, 16(49), 571-596.
- Hernández, V., Gómez, E., Maltes, L., Quintana, M., Muñoz, F., Toledo, H., Riquelme, V., Henríquez, B., Zelada, S., & Pérez, E. (2011). La actitud hacia la enseñanza y aprendizaje de la ciencia en alumnos de Enseñanza Básica y Media de la Provincia de Llanquihue, Región

de Los Lagos-Chile. *Estudios pedagógicos (Valdivia)*, 37(1), 71-83. <https://doi.org/10.4067/S0718-07052011000100004>

Limón, M., Mason, L., Sinatra, G. M., Winne, P., Montero, I., Dios, M. J. de, Alexander, P. A., Corte, E. D., & Mayer, R. E. (2004). En homenaje a las contribuciones de Paul R. Pintrich a la investigación sobre Psicología y Educación. *Electronic Journal of Research in Education Psychology*, 2(3), Art. 3. <https://doi.org/10.25115/ejrep.3.127>

Nikolopoulos, K., & Pardalaki, M. (2020). Particle dance: Particle physics in the dance studio. *Physics Education*, 55(2), 025018. <https://doi.org/10.1088/1361-6552/ab6952>

Pozo Muncio, J. I., & Gómez Crespo, M. Á. (1998). *Aprender y enseñar ciencia: Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico*. Ediciones Morata.

Rodríguez Pineda, D. P., & López y Mota, Á. D. (2006). ¿Cómo se articulan las concepciones epistemológicas y de aprendizaje con la práctica docente en el aula? Tres estudios de caso de profesores de secundaria. *Revista mexicana de investigación educativa*, 11(31), 1307-1335.

Sisto, V. (2008). La investigación como una aventura de producción dialógica: La relación con el otro y los criterios de validación en la metodología cualitativa contemporánea. *Psicoperspectivas. Individuo y Sociedad*, 7(1), Art. 1. <https://doi.org/10.5027/psicoperspectivas-Vol7-Issue1-fulltext-54>

Vasques Brandão, R., Solano Araujo, I., Veit, E. A., & Lang da Silveira, F. (2011). Validación de un cuestionario para investigar concepciones de profesores sobre ciencia y modelado científico en el contexto de la física. *Revista electrónica de investigación en educación en ciencias*, 6(1), 43-60.